

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-067458

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

(21)Application number : 10-236930

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 24.08.1998

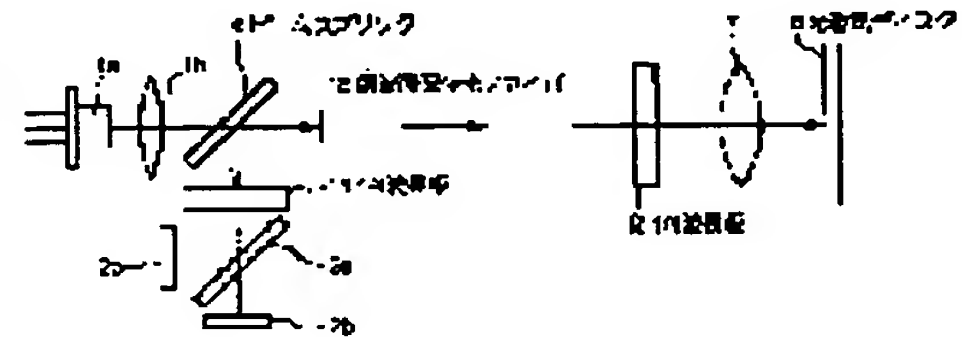
(72)Inventor : HORIE KAZUYOSHI  
SHINO KUNINORI  
KUBOTA SHIGEO

## (54) OPTICAL DISK DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable an optical disk device to deal with high density and large capacity ROM type and RAM type disks by forming an objective lens forming a light spot on an optical disk and an optical path guiding an emission beam from a light source to the objective lens out of a polarization plane maintaining optical fiber, arranging wavelength plates in the optical paths of both sides holding the fiber between them, light-receiving a reflection beam from the optical disk and photoelectrically converting it.

**SOLUTION:** An emission beam from a semiconductor laser 1a is a linearly polarized light, and though the beam is tilted by  $45^\circ$  with respect to the (x) axis of a polarization plane maintaining optical fiber 13 to be propagated through the polarization plane maintaining optical fiber 13, the beam becomes elliptic or circular polarization by double refraction while being propagated. This beam is made incident on a  $1/4$  wavelength plate 12 where an advanced phase axis is tilted by  $45^\circ$  to be returned to the linear polarization. The polarization of the reflection beam from a magneto-optical disk 8 is made incident on the  $1/4$  wavelength plate 12 and is made incident again on the polarization plane maintaining optical fiber 13 and the beam propagated through the polarization plane maintaining optical fiber 13 is reflected by a beam splitter 6 to be made incident on a  $1/4$  wavelength plate 11 where the advanced phase axis is tilted by  $45^\circ$  with respect to the (x) axis.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-67458

(P2000-67458A)

(43)公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

Z 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-236930

(22)出願日 平成10年8月24日(1998.8.24)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 堀江 和由

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 篠 邦宜

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 久保田 重夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 5D119 AA22 BA01 BB01 BB03 DA01

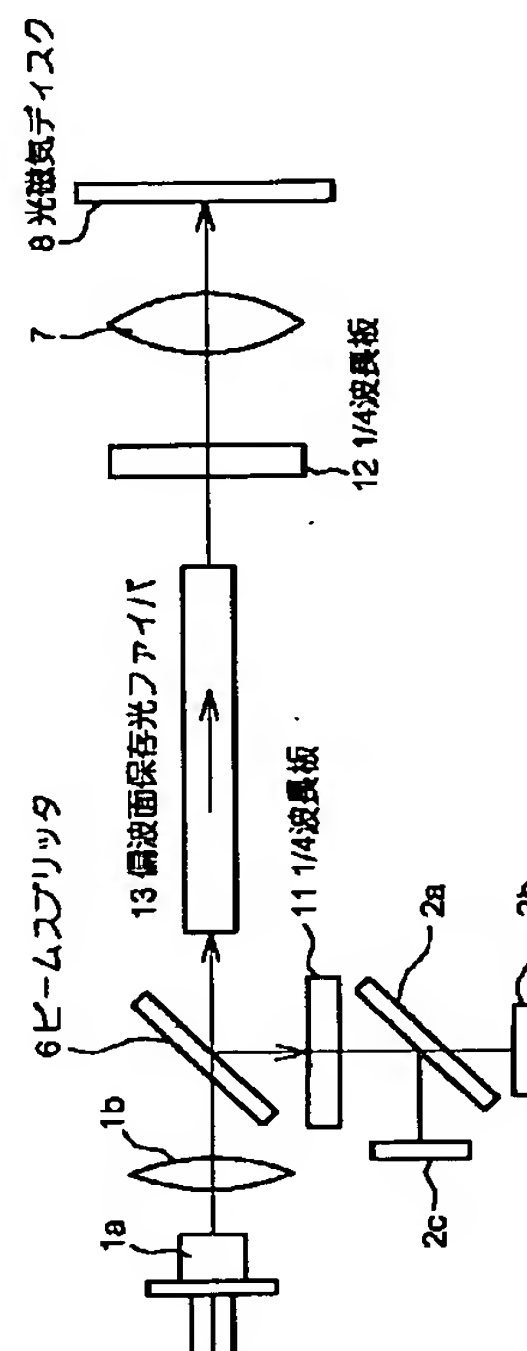
EB14 EC21 JA28 JA35 JA49

(54)【発明の名称】 光ディスク装置

(57)【要約】

【課題】 高密度大容量なROM型およびRAM型光ディスクの何れにも対応可能な光ディスク装置の提供。

【解決手段】 光ディスク(光磁気ディスク8)、光ディスクを回転させるスピンドルモータ、光ディスクに光スポットを形成する対物レンズ7、対物レンズ7を光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段を有するディスク制御手段、光源である半導体レーザ1a、半導体レーザ1aからの出射光を対物レンズ7に導く偏波面保存光ファイバ13を有する信号光伝送手段、偏波面保存光ファイバ13を挟む両側に配設された1/4波長板11、12、光ディスクからの反射光からサーボ信号等を検出する信号検出手段(偏光ビームスプリッタ2a、光検出器2b、2c)とを有することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ディスクと、  
前記光ディスクを回転させるスピンドルモータと、  
前記光ディスクに光スポットを形成する対物レンズと、  
前記対物レンズを、前記光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、  
光源と、  
前記光源からの出射光を前記対物レンズに導く光路が、  
偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、  
前記偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に配設された波長板と、  
前記光ディスクからの反射光を受光して、光電変換する信号検出手段とを有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項2】 複数の光ディスクと、  
前記複数の光ディスクを一体的に回転させるスピンドルモータと、  
個々の前記光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、  
前記複数の対物レンズを、一体的に前記光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、  
光源と、  
前記光源からの出射光を個々の前記対物レンズに導く光路が、複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、  
前記複数の偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に配設された波長板と、  
前記光源と前記信号光伝送手段との間に配設され、前記光源からの出射光を前記複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択する信号光路切り換え手段と、  
前記光ディスクからの反射光を受光して、光電変換する信号検出手段とを有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項3】 複数の光ディスクと、  
前記複数の光ディスクを一体的に回転させるスピンドルモータと、  
個々の前記光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、  
個々の前記対物レンズを、独立して前記光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、  
光源と、  
前記光源からの出射光を個々の前記対物レンズに導く光路が、複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、  
前記複数の偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に配設された波長板と、  
前記光源と前記信号光伝送手段との間に配設され、前記

光源からの出射光を前記複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択する信号光路切り換え手段と、  
前記光ディスクからの反射光を受光して、光電変換する信号検出手段とを有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項4】 前記波長板の結晶軸の角度が、前記偏波面保存光ファイバの屈折率分布の軸に対して  $(45 + 90 \times N)$  度傾斜していることを特徴とする請求項1、2、3の何れか一項に記載の光ディスク装置（ただし、 $N$ は整数）。

【請求項5】 前記光ディスクが、ピットパターンディスク、相変化ディスクおよび光磁気ディスクのうちの何れか一種であることを特徴とする請求項1、2、3の何れか一項に記載の光ディスク装置。

【請求項6】 前記信号光路切り換え手段が、  
前記信号光路切り換え手段で発生する、前記光源からの出射光および前記光ディスクからの反射光の直交する電界振動成分の位相差を $\pi$ の整数倍変化させることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の光ディスク装置。

【請求項7】 前記信号光路切り換え手段が、  
回転中心軸に一致して入射する入射光を、前記回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段を有し、  
前記偏心光出射手段からの出射光の光軸に合う円周上に、前記複数の偏波面保存光ファイバが配設されていることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の光ディスク装置。

【請求項8】 光ディスクと、  
前記光ディスクを回転させるスピンドルモータと、  
前記光ディスクに光スポットを形成する対物レンズと、  
前記対物レンズを、前記光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、  
光源と、  
前記光源からの出射光を前記対物レンズに導く光路が、  
屈折率分布の軸が互いに直交する2本の偏波面保存光ファイバを接合した1本の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、  
前記光ディスクからの反射光を受光して、光電変換する信号検出手段とを有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項9】 複数の光ディスクと、  
前記複数の光ディスクを一体的に回転させるスピンドルモータと、  
個々の前記光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、  
前記複数の対物レンズを、一体的に前記光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、

光源と、  
前記光源からの出射光を個々の前記対物レンズに導く光路が、屈折率分布の軸が互いに直交する2本の偏波面保存光ファイバを接合した複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、  
前記光源と前記信号光伝送手段との間に配設され、前記光源からの出射光を前記複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択する信号光路切り換え手段と、  
前記光ディスクからの反射光を受光して、光電変換する信号検出手段とを有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項10】 複数の光ディスクと、  
前記複数の光ディスクを一体的に回転させるスピンドルモータと、  
個々の前記光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、  
個々の前記対物レンズを、独立して前記光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、  
光源と、  
前記光源からの出射光を個々の前記対物レンズに導く光路が、屈折率分布の軸が互いに直交する2本の偏波面保存光ファイバを接合した複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、  
前記光源と前記信号光伝送手段との間に配設され、前記光源からの出射光を前記複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択する信号光路切り換え手段と、  
前記光ディスクからの反射光を受光して、光電変換する信号検出手段とを有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項11】 前記光ディスクが、ピットパターンディスク、相変化ディスクおよび光磁気ディスクのうちの何れか一種であることを特徴とする請求項8、9、10の何れか一項に記載の光ディスク装置。

【請求項12】 前記信号光路切り換え手段が、  
前記信号光路切り換え手段で発生する、前記光源からの出射光および前記光ディスクからの反射光の直交する電界振動成分の位相差を $\pi$ の整数倍変化させることを特徴とする請求項9または請求項10に記載の光ディスク装置。

【請求項13】 前記信号光路切り換え手段が、  
回転中心軸に一致して入射する入射光を、前記回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段を有し、  
前記偏心光出射手段からの出射光の光軸に合う円周上に、前記複数の偏波面保存光ファイバを配設したことを特徴とする請求項9または請求項10に記載の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光ディスク装置に関し、さらに詳しくは、半導体レーザ等の光源からの出射光および光ディスクからの反射光の光路を偏波面保存光ファイバで構成した光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 CD (Compact Disc) に代表されるROM (Read Only Memory) 型光ディスク、相変化ディスクや光磁気ディスクに代表されるRAM (Random Access Memory) 型光ディスクは、ピットパターンや記録マーク等による映像情報、音声情報あるいは情報機器用プログラム等の情報格納媒体として広く使用されている。これらの光ディスクでは次第に高密度大容量化が図られ、これに対応する光ディスク装置では光源、たとえば半導体レーザの短波長化や対物レンズの大NA (Numerical Aperture) 化が図られ、対物レンズを介して集光される光スポットの小径化が図られている。たとえば、比較的初期に商品化されたCDでは光源の波長が780nmに設定されたのに対して、近年商品化されたDVD (Digital Video DiscあるいはDigital Versatile Disc) では光源の波長が650nmまたは635nmに設定されている。そして、近年ではさらなる光ディスクの高密度大容量化が望まれ且つ進展しており、ROM型およびRAM型光ディスクの何れにも対応可能な光ディスク装置が求められている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、高密度大容量なROM型およびRAM型光ディスクの何れにも対応可能な光ディスク装置を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、請求項1の発明の光ディスク装置では、光ディスクと、この光ディスクを所定の回転数で回転させるスピンドルモータと、光ディスクに光スポットを形成する対物レンズと、たとえば対物レンズをアームの一端に固着するとともに、アームの他端に設けられた中心軸を中心にしてアームが回転する回転式リニアモータを構成し、対物レンズを光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、たとえば半導体レーザ等で構成された光源と、光源からの出射光を対物レンズに導く光路が、偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に配設された波長板と、光ディスクからの反射光を受光して光電変換し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出する信号検出手段とを有することを特徴とする。

【0005】 請求項2の発明の光ディスク装置では、複数の光ディスクと、この複数の光ディスクを一体的に所定の回転数で回転させるスピンドルモータと、個々の光



ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、複数の対物レンズを一体的に光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、たとえば半導体レーザ等で構成された光源と、光源からの出射光を個々の対物レンズに導く光路が、複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、複数の偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に配設された波長板と、光源と信号光伝送手段との間に配設され、光源からの出射光を複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択する、たとえば回転中心軸に一致して入射する入射光を、回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段を有し、偏心光出射手段からの出射光の光軸に合う円周上に、複数の偏波面保存光ファイバが配設された信号光路切り換え手段と、光ディスクからの反射光を受光して光電変換し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出する信号検出手段とを有することを特徴とする。

【0006】請求項3の発明の光ディスク装置では、複数の光ディスクと、この複数の光ディスクを、一体的に所定の回転数で回転させるスピンドルモータと、個々の光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、個々の光ディスクに対して、独立して対物レンズを光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する、たとえば対物レンズをアームの一端に固着し、アームの他端に設けられた回転軸を中心にアームを回転する回転式リニアモータで構成された制御駆動手段、すなわち光ディスクの枚数と同数の独立して動作する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、たとえば半導体レーザ等で構成された光源と、光源からの出射光を個々の対物レンズに導く光路が、複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、複数の偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に配設された波長板と、光源と信号光伝送手段との間に配設され、光源からの出射光を複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択する、たとえば回転中心軸に一致して入射する入射光を、回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段を有し、偏心光出射手段からの出射光の光軸に合う円周上に、複数の偏波面保存光ファイバを配設する信号光路切り換え手段と、光ディスクからの反射光を受光して光電変換し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出する信号検出手段とを有することを特徴とする。

【0007】なお、請求項1, 2, 3の発明の光ディスク装置における波長板の結晶軸の角度は、偏波面保存光ファイバの屈折率分布の軸（偏波面保存光ファイバの長手方向と直交する方向から切断した断面において、クラッドに対で設けられた応力付与部、すなわち屈折率分布

が存在する部分の中心を結ぶ軸）に対して（ $45 + 90 \times N$ ）度傾斜していることが望ましい。

【0008】請求項8の発明の光ディスク装置では、光ディスクと、この光ディスクを所定の回転数で回転させるスピンドルモータと、光ディスクに光スポットを形成する対物レンズと、たとえば対物レンズをアームの一端に固着するとともに、アームの他端に設けられた中心軸を中心にしてアームが回転する回転式リニアモータを構成し、対物レンズを光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、たとえば半導体レーザ等で構成された光源と、光源からの出射光を対物レンズに導く光路が、屈折率分布の軸を互いに直交させて偏波面保存光ファイバで発生する位相差を打ち消し合う2本の偏波面保存光ファイバを接合した1本の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、光ディスクからの反射光を受光して光電変換し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出する信号検出手段とを有することを特徴とする。

【0009】請求項9の発明の光ディスク装置では、複数の光ディスクと、この複数の光ディスクを一体的に所定の回転数で回転させるスピンドルモータと、個々の光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、複数の対物レンズを一体的に光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、たとえば半導体レーザ等で構成された光源と、光源からの出射光を個々の対物レンズに導く光路が、屈折率分布の軸を互いに直交させて偏波面保存光ファイバで発生する位相差を打ち消し合う2本の偏波面保存光ファイバを接合した複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、光源と信号光伝送手段との間に配設され、光源からの出射光を複数の偏波面保存光ファイバのうちから1本を選択する、たとえば回転中心軸に一致して入射する入射光を、回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段を有し、偏心光出射手段からの出射光の光軸に合う円周上に、複数の偏波面保存光ファイバを配設する信号光路切り換え手段と、光ディスクからの反射光を受光して光電変換し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出する信号検出手段とを有することを特徴とする。

【0010】請求項10の発明の光ディスク装置では、複数の光ディスクと、この複数の光ディスクを一体的に所定の回転数で回転させるスピンドルモータと、個々の光ディスクに光スポットを形成する複数の対物レンズと、個々の光ディスクに対して、独立して対物レンズを光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する、たとえば対物レンズをアームの一端に固着し、アームの他端に

設けられた回転軸を中心にアームを回転する回転式リニアモータで構成された制御駆動手段、すなわち光ディスクの枚数と同数の独立して動作する制御駆動手段とを有するディスク制御手段と、たとえば半導体レーザ等で構成された光源と、光源からの出射光を個々の対物レンズに導く光路が、屈折率分布の軸を互いに直交させて偏波面保存光ファイバで発生する位相差を打ち消し合う2本の偏波面保存光ファイバを接合した複数の偏波面保存光ファイバで構成された信号光伝送手段と、光源と信号光伝送手段との間に配設され、光源からの出射光を複数の偏波面保存光ファイバのうちから1本を選択する、たとえば回転中心軸に一致して入射する入射光を、回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段を有し、偏心光出射手段からの出射光の光軸に合う円周上に、複数の偏波面保存光ファイバを配設する信号光路切り換え手段と、光ディスクからの反射光を受光して光電変換し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出する信号検出手段とを有することを特徴とする。

【0011】なお、請求項1、8の発明の光ディスク装置において、スピンドルモータに装着される光ディスクは、ROM型およびRAM型の何れでも良い。また、請求項2、3、9、10の光ディスク装置において、スピンドルモータに装着される複数の光ディスクを、全てROM型の光ディスクとする、全てRAM型の光ディスクにする、ROM型の光ディスクとRAM型の光ディスクとを任意の割合の混在とするかは任意である。

【0012】上述した手段による作用について以下に記す。請求項1、2、3の発明の光ディスク装置のように、偏波面保存光ファイバを挟む両側の光路中に波長板を配設するものでは、光ディスクで反射されて戻る信号光がピットパターンディスクや相変化ディスクのように光量変化を伴うものは何ら影響なく透過し、光磁気ディスクの場合では、光磁気信号光の直交する電界振動成分の位相差を補正することが可能となる。また、請求項8、9、10の発明の光ディスク装置のように、屈折率分布の軸が互いに直交する2本の偏波面保存光ファイバを接合した偏波面保存光ファイバで光路を形成するものでは、光ディスクで反射されて戻る信号光がピットパターンディスクや相変化ディスクのように光量変化を伴うものは何ら影響なく透過し、光磁気ディスクの場合では、偏波面保存光ファイバで発生する位相差を打ち消し合うことが可能となる。さらに、請求項2、3、9、10の発明の光ディスク装置のように複数の光ディスクをスピンドルモータに装着するものでは、信号光路切り換え手段により、個々の光ディスクに対して専用の光源や光検出器等を用意する必要がなく、簡略な光学系構成が可能となる。

### 【0013】

【発明の実施の形態】本発明の光ディスク装置は、概略構成図である図1に示したように、光源部1、信号検出手段2、信号光路切り換え手段3、信号光伝送手段4およびディスク制御手段5から概略構成されている。光源部1は、たとえば半導体レーザ等の光源と光源からの出射光を集光する結合レンズ等で概略構成されている。ディスク制御手段5は、光ディスクを所定の回転数で回転させるスピンドルモータ、光ディスクに光スポットを形成する対物レンズ、対物レンズを光ディスクのトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とで概略構成されている。信号光伝送手段4は、対物レンズに光源からの出射光を導くとともに、光ディスクからの反射光を導く光路を構成するものであり、偏波面保存光ファイバで構成されている。信号光路切り換え手段3は、光源からの出射光を信号光伝送手段4に構成された複数の偏波面保存光ファイバのなかから1本を選択するものであり、ディスク制御手段5のスピンドルモータに1枚の光ディスクを装着する構成の光ディスク装置では不要である。信号検出手段2は、光ディスクからの反射光を受光し、たとえばフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等を検出するため、複数の光電変換素子パターンを有する光検出器等で構成されている。

【0014】本発明の光ディスク装置を構成する光ディスクの種類は、ROM型およびRAM型の何れでも良く、スピンドルモータに複数の光ディスクを装着する構成のものでは、全てROM型の光ディスクとする、全てRAM型の光ディスクにする、あるいはROM型の光ディスクとRAM型の光ディスクとを任意の割合の混在とするかは任意である。すなわち、本発明の光ディスク装置は、記録専用の光ディスク装置、再生専用の光ディスク装置、記録と再生の両方を行うことのできる光ディスク装置を含むものである。以下、本発明を適用した光ディスク装置の実施の形態例について、図2～図18を参照して説明する。

### 【0015】実施の形態例1

本実施の形態例は、スピンドルモータに装着された光ディスクが光磁気ディスクであり、偏波面保存光ファイバ13を挟んだ両側の光路中に、光磁気信号の直交する電界振動成分の位相差を補正する1/4波長板11、12を配設した光ディスク装置の事例である。これを、ディスク制御手段5内に構成されているスピンドルモータに、4枚の光磁気ディスク8が装着されている光ディスク装置の概略構成図である図2および図2中に示した信号光路切り換え手段3の概略構成図である図3を参照して説明する。なお、図2では、偏波面保存光ファイバ13を挟んだ一方の側の光路中に配設された1/4波長板11は図示しているが、他方の側の光路中に配設され、



後に参照する図7に示した1/4波長板12の図示は省略している。また、光磁気ディスク8の数は1枚あるいは複数枚であり、図2に示した4枚に限定されない。

【0016】光源である半導体レーザ1aからの出射光は結合レンズ1bにより集光され、ビームスプリッタ6を透過し、信号光路切り換え手段3に入射する。信号光路切り換え手段3は、図3に示したように、たとえば回転中心軸に一致して入射する入射光を、回転中心軸と平行且つ偏心した位置から出射する偏心光出射手段である。たとえば図示を省略するステッピングモータ等の回動手段の回転中心軸上と偏心した位置に、回転中心軸に対して45度傾斜且つ平行な一対のミラー3a、3bを配設した構成とするものである。図3では、回転中心軸上にミラー3aを配設し、偏心位置にミラー3bを配設した事例を示している。

【0017】上記したステッピングモータ等の回動手段により、偏心した位置に配設されたミラー3bで反射された光の光軸と、信号光伝送手段4を構成する第1～4の偏波面保存光ファイバ13a～13dのなかから選択された1本の光軸中心とが一致するように制御される。たとえば第1の偏波面保存光ファイバ13aが選択された場合、半導体レーザ1aから出射され第1の偏波面保存光ファイバ13aおよび図示を省略する1/4波長板12を透過した光は、第1の対物レンズ7aを介して第1の光磁気ディスク8aの信号記録面に収束して光スポットが形成される。同様に、第2、3、4の偏波面保存光ファイバ13b、13c、13dが選択された場合、半導体レーザ1aから出射され第2、3、4の偏波面保存光ファイバ13b、13c、13dおよび1/4波長板12を透過した光は、第2、3、4の対物レンズ7b、7c、7dを介して第2、3、4の光磁気ディスク8b、8c、8dの信号記録面に収束して光スポットが形成される。すなわち、光源である1個の半導体レーザ1aにより、第1～第4の光磁気ディスク8a～8dに対して個別に記録再生が可能な構成となっている。

【0018】第1～4の対物レンズ7a～7dは、たとえば第1～4の光磁気ディスク8a～8dの回転により生じる空気流を利用して第1～4の光磁気ディスク8a～8d表面上をほぼ一定の隙間で浮上する第1～4のスライダ9a～9dに固着されている。これら第1～4のスライダ9a～9dは何れも第1～4のアーム10a～10dの一方の端に固着され、他方の端には回転軸14が設けられている。そして、第1～4のアーム10a～10dは、回転軸14を中心に第1～4のアーム10a～10dを一体的に、あるいは個々の第1～4のアーム10a～10dを独立に回動する、たとえば回動式リニアモータで構成された制御駆動手段（図示せず）が構成されている。なお、記録時においては、第1～4の光磁気ディスク8a～8dの光スポット部に磁界が印加される。

【0019】たとえば第1の光磁気ディスク8aの情報記録面で反射された反射光は、第1の対物レンズ7aおよび1/4波長板12を透過して第1の偏波面保存光ファイバ13aに導かれ、信号光路切り換え手段3を構成する一対のミラー3b、3aおよびビームスプリッタ6で反射され、1/4波長板11を透過し、信号検出手段2に入射する。信号検出手段2を構成する偏光ビームスプリッタ2aを透過した光は光検出器2bに入射し、偏光ビームスプリッタ2aで反射された光は光検出器2cに入射する。これら光検出器2b、2cでは、フォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、第1の光磁気ディスク8aの何処を記録あるいは再生しているかの位置情報等のサーボ信号およびRF信号等が検出される。なお、光磁気信号の検出は光検出器2bと光検出器2cとの差信号により得ることができる。

【0020】上記した信号光伝送手段4には、伝送される光磁気信号光の偏光状態、すなわち直線偏光の保存を困難とする複屈折のないことが求められる。そして、予め屈折率の分布を知ることができる偏波面保存光ファイバ13を用いるとともに、偏波面保存光ファイバ13を挟む両側の光路中に波長板を配設することにより、偏波面保存光ファイバ13の複屈折により乱れた光磁気信号光の偏光状態を補正することが可能となる。この理由について、図4～図13を参照して説明する。

【0021】図4は、偏波面保存光ファイバ13の一例であるパンダ型偏波面保存光ファイバの概略断面図である。パンダ型偏波面保存光ファイバは、直径がほぼ5 $\mu$ mのコア、このコアを挟む両側にある一対の応力付与部、これらコアと一対の応力付与部を取り囲み直径がほぼ125 $\mu$ mのクラッドから構成されている。一般的に、コア中を進行する光はコアとクラッドとの境界での全反射を繰り返しながら伝搬する。そして、図4に示したように、コアの光軸と直交する断面を平面座標にし、一対の応力付与部中心とコアの中心とを結ぶ方向をy軸とし、これと直交する方向をx軸とした場合に、コアのy軸方向に応力が加わると、コアのx軸方向とy軸方向とに屈折率差、すなわち複屈折が生じることとなる。

【0022】図5は、偏波面保存光ファイバ13の伝搬モードの分散特性図であり、偏波面保存光ファイバ13中でパルス信号に遅延歪みを生じさせる原因となる多モード分散を表している。なお、正規化周波数Vは、 $V = (2\pi a / \lambda) (n_{\text{core}}^2 - n_{\text{clad}}^2)^{1/2}$ で表される無次元量である（ただし、a：コアの半径、 $\lambda$ ：波長、 $n_{\text{core}}$ ：コアの屈折率、 $n_{\text{clad}}$ ：クラッドの屈折率）。正規化伝搬定数 $\beta/k$ は、偏波面保存光ファイバ13の長さ方向の伝搬定数 $\beta$ を波数 $k = 2\pi/\lambda$ で割ったものである。ここで、図5におけるx、y軸に対して直交するz軸方向のコアの概略断面図である図6を参照し、伝搬定数 $\beta$ と波数kとの関係について説明する。

【0023】コア中を伝搬角 $\theta$ を有する光が伝搬してい

るとすると、光の進行方向の伝搬定数は $n_{\text{core}}k$ で表すことができ、 $z$ 軸方向の伝搬定数 $\beta$ は $\beta = n_{\text{core}}k \cos \theta$ で表すことができ、正規化伝搬定数 $\beta/k$ は、 $\beta/k = n_{\text{core}} \cos \theta$ で表すことができる。すなわち、伝搬角 $\theta$ が小となるほど、正規化伝搬定数 $\beta/k$ がコアの屈折率 $n_{\text{core}}$ に近づき、逆に、伝搬角 $\theta$ が大となる角 $\theta_{\text{cutoff}}$ では、正規化伝搬定数 $\beta/k$ がクラッドの屈折率 $n_{\text{clad}}$ となることが判る。したがって、正規化伝搬定数 $\beta/k$ がコアの屈折率 $n_{\text{core}}$ に近づけばコアの中の光が閉じこめられて伝搬し、正規化伝搬定数 $\beta/k$ がクラッドの屈折率 $n_{\text{clad}}$ に近づけばコアの中の光を閉じこめることができず、光の伝搬が困難となる。

【0024】再び図5を参照し、偏波面保存光ファイバ13中を伝搬する伝搬モードについて説明する。複屈折を有しないコアを伝搬する光の伝搬モードは縮退しているが、複屈折が存在すると縮退が解け、図5中に示した $HE_{11,x}$ と $HE_{11,y}$ との二つの伝搬モードに分かれる。なお、ここで言う縮退は、伝搬モードの自由度が減少している状態を言う。図5から明らかなように、 $HE_{11,x}$ と $HE_{11,y}$ だけが伝搬する正規化周波数 $V$ の範囲にあることが判る。この範囲が偏波面保存動作領域と称され、偏波面保存光ファイバ13の成り立つ範囲となる。当然、この正規化周波数 $V$ の値では、偏波面保存光ファイバ13のコアに複屈折が存在することになる。偏波面保存動作領域からさらに正規化周波数 $V$ が大になるとマルチモードになり、多モード分散が生じ、光磁気信号光の伝搬は困難となる。一般的に、このマルチモードになる波長をカットオフ波長と称している。上記したような偏波面保存光ファイバ13は市販されており、たとえば波長 $\lambda$ が633nmの半導体レーザ1aを用いた場合、その複屈折率差は $6 \times 10^{-4}$ 程度であり、カットオフ波長は600nm程度である。そして、偏波面保存光ファイバ13の屈折率分布の方向は、偏波面保存光ファイバ13のメーカーから供給される段階で知ることができる。

【0025】つぎに、偏波面保存光ファイバ13を挟ん

$$\text{半導体レーザ} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

【0029】偏波面保存光ファイバ13の複屈折により発生する電界振動成分の位相差を $\Delta$ とすれば、半導体レーザ1aから出射された光が受ける偏光の変化は、下記

$$\text{偏波面保存光ファイバ} \rightarrow \begin{pmatrix} E_{xp} - \frac{\Delta}{2} & 0 \\ 0 & E_{xp} + \frac{\Delta}{2} \end{pmatrix} \quad (2)$$

(ただし、 $i$ は虚数、 $\Delta$ は偏波面保存光ファイバによる位相差)

【0031】進相軸が+45度傾斜した1/4波長板12による電界振動成分の位相の変化は下記式(3)で表される。

だ両側の光路中に配設されている1/4波長板11、12を用いて偏波面保存光ファイバ13を伝搬した光の電界振動成分の位相差の変化を補正することについて、概略光学系構成図である図7および光の進行方向から見た概略偏光状態図である図8、9、10を参照して説明する。なお、図7は、図2に示した光ディスク装置の概略構成図から信号光路切り換え手段3を省略し、簡略化したものを示している。ただし、信号光路切り換え手段3に構成されている一対のミラー3a、3bは、その反射面に誘電体膜が形成されていることが好ましく、反射による電界振動成分の位相差変化が $\pi$ の整数倍に設定されている必要がある。

【0026】半導体レーザ1aからの出射光は直線偏光であり、図8に示したように、偏波面保存光ファイバ13の $x$ 軸に対して45度傾いている。半導体レーザ1aからの出射光は偏波面保存光ファイバ13中を伝搬するが、この伝搬中において偏波面保存光ファイバ13の複屈折により発生する位相差の影響で、図9に示したような楕円あるいは円偏光となる。この楕円あるいは円偏光となった光は、進相軸が45度傾斜した1/4波長板12に入射する。そして、この1/4波長板12を透過した光は、図10に示したように、直線偏光に戻る。ただし、直線偏光が $x$ 軸と成す角 $\theta_p$ は、偏波面保存光ファイバ13による電界振動成分の位相差により変化する。光磁気ディスク8ではカー回転角を検出することが必要であり、光磁気ディスク8に対して直線偏光が入射することが望ましい。

【0027】以下、電界振動成分の位相の変化について、ジョーンズ行列を用い説明する。ジョーンズ行列は、光の偏光状態を表す表記法の一つであり、半導体レーザ1aから出射される光の偏光状態は下記式(1)で表される。

【0028】

【数1】

式(2)で表される。

【0030】

【数2】

【0032】

【数3】



$$+45\text{度傾斜した}1/4\text{波長板} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

(ただし、 $i$ は虚数)

【0033】以上、上記した式(1)、(2)、(3)を掛け合わせれば、下記式(4)が得られる。

【0034】  
【数4】

$$\begin{pmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp i \frac{\Delta}{2} & 0 \\ 0 & \exp -i \frac{\Delta}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{\cos \frac{\Delta}{2} - \sin \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2} + \sin \frac{\Delta}{2}} \end{pmatrix} \quad (4)$$

【0035】これを分かり易くするためにx成分で規格化すると、光磁気ディスク8に入射する偏光状態、すなわちジョーンズ行列では虚数*i*が電界振動成分の位相差を表現するので、光磁気ディスク8に入射する偏光が、図10に示したような直線偏光成分であることが判る。ただし、傾きは偏波面保存光ファイバ13の位相差に依存する。なお、光磁気信号を記録するときには、光磁気ディスク8に形成される光スポットの温度をキュリー点以上にする。また、光磁気信号を再生するときには、カー効果による偏波面の回転、すなわちカー回転を光磁気ディスク8からの反射光から検出することで信号を読み取る。

【0036】つぎに、光磁気ディスク8からの反射光の偏光状態について、再び図7および光の進行方向から見た概略偏光状態図である図11、12、13、14、15を参照して説明する。光磁気ディスク8からの反射光は、図11に示したように、カー効果により偏波面が回転しており、この偏光状態で再び1/4波長板12に入射する。このとき、1/4波長板12の進相軸は、半導体レーザ1aから光磁気ディスク8へ向かうときと逆の-45度傾くことになる。すなわち、偏光状態は図12

カー回転を受けた反射光  $\rightarrow$

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \\ \frac{\cos \frac{\Delta}{2} - \sin \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2} + \sin \frac{\Delta}{2}} \end{pmatrix} \quad (5)$$

(ただし、 $\theta$ はカー回転角、 $\Delta$ は偏波面保存光ファイバによる位相差)

【0039】式(5)の偏光光は、1/4波長板12に入射する。このとき、1/4波長板12の進相軸はx軸に対して-45度傾斜しているので、偏光状態は下記式

に示したように、図9に示した偏光状態と表裏の関係となっている。この1/4波長板12を透過することにより、図13に示したように、楕円偏光になる。図13に示した楕円偏光が偏波面保存光ファイバ13を伝搬してビームスプリッタ6で反射され、1/4波長板11に入射する。このときの偏光状態は、図14に示したように、楕円偏光になる。図14に示したような楕円偏光を進相軸がx軸に対して+45度傾斜した1/4波長板11に通過させることにより、図15に示したように、再び直線偏光となる。このときの偏光の傾きは、光磁気信号光を受ける方向から見ると、半導体レーザ1aからの出射光の偏光を基準として、カー回転だけ傾いた状態となり、光磁気信号を検出することが可能となる。

【0037】以下、光磁気ディスク8からの反射光の電界振動成分の位相の変化について、ジョーンズ行列を用い説明する。光磁気ディスク8で反射された光はカー回転を受けるので、光磁気ディスク8で反射された光の偏光状態は下記式(5)で表される。

【0038】  
【数5】

(6)で表される。

【0040】  
【数6】

$$\text{-45度傾斜した1/4波長板} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -i \\ -i & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

(ただし、iは虚数)

【0041】そして、再び偏波面保存光ファイバ13に入射するので、上記した式(2)が掛けられ、偏波面保存光ファイバ13を伝搬した光はビームスプリッタ6で反射され、進相軸がx軸に対して+45度傾斜する1/4波長板11に入射するので、上記した式(3)が掛け

られる。以上、上記した式(5)、(6)、(2)、(3)を掛け合わせれば、下記式(7)が得られる。

【0042】

【数7】

$$\begin{pmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{xp} \frac{\Delta}{2} & 0 \\ 0 & E_{xp} -i \frac{\Delta}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -i \\ -i & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \\ \cos \frac{\Delta}{2} - \sin \frac{\Delta}{2} \\ \cos \frac{\Delta}{2} + \sin \frac{\Delta}{2} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ -\frac{\cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \sin \theta} \end{pmatrix} \quad (7)$$

【0043】式(7)から明らかなように、x成分で規格化すると虚数iが消え、直線偏光になっていることが判る。この式(7)の結果を光を受ける側から見ると、

下記式(8)のようになる。

【0044】

【数8】

$$\begin{pmatrix} 1 \\ \frac{\cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \sin \theta} \end{pmatrix} \quad (8)$$

(ただし、 $\theta$ はカー回転角)

【0045】さらに、式(8)をベクトルの偏角は、下記式(9)のように変形することができる。

【0046】

【数9】

$$\begin{aligned} \frac{\cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \sin \theta} &= \frac{\sqrt{\frac{1}{2}} (\cos \theta + \sin \theta)}{\sqrt{\frac{1}{2}} (\cos \theta - \sin \theta)} \\ &= \frac{\sin \frac{\pi}{4} \cos \theta + \cos \frac{\pi}{4} \sin \theta}{\cos \frac{\pi}{4} \cos \theta - \sin \frac{\pi}{4} \sin \theta} = \tan\left(\frac{\pi}{4} + \theta\right) \quad (9) \end{aligned}$$

【0047】式(9)から明らかなように、45度を中心にしてカー回転角分だけ回転している偏光に基づいて、光磁気信号を検出することができる。なお、上記した1/4波長板11、12では進相軸を基準にして±45度で表したもので説明したが、進相軸および遅相軸の結晶軸の角度が、偏波面保存光ファイバ13の屈折率分布の軸に対して、 $(45 + 90 \times N)$ 度だけ傾いていれば、光磁気信号光の直交する電界振動成分の位相差を補正することが可能となる(Nは整数)。

【0048】図16は、図2に示した光ディスク装置の他の事例の概略構成図であり、1/4波長板11をビームスプリッタ6と信号光路切り換え手段3との間に配設した事例である。この構成では、半導体レーザ1aの偏

光面と1/4波長板11の結晶軸とを一致させることができる。すなわち、半導体レーザ1aからの出射光の偏光は、1/4波長板11により影響を受けることがない。また、1/4波長板11が偏波面保存光ファイバ13の近傍にあるので、1/4波長板11と偏波面保存光ファイバ13との光軸合わせが容易な構成となる。当然、図示を省略するが、この1/4波長板11、12を、偏波面保存光ファイバ13の両端面に密着させて配設しても良いことは言うまでもない。

【0049】実施の形態例2

本実施の形態例は、スピンドルモータに装着された光ディスクが光磁気ディスクであり、偏波面保存光ファイバ13で発生する位相差を打ち消し合うように屈折率分布

の軸が互いに直交する同種2本の偏波面保存光ファイバ13を接合し、これを一本の偏波面保存光ファイバ13とする光ディスク装置の事例である。まず、屈折率分布の軸が互いに直交する同種2本の偏波面保存光ファイバ13の接合について、概略説明図である図17を参照して説明する。

【0050】図17に示したように、同種2本の偏波面保存光ファイバ13は応力付与部を互いに直交、すなわち屈折率分布の軸が互いに直交する状態となるように接合される。このことにより偏波面保存光ファイバ13で発生する位相差が打ち消し合うこととなり、上記の実施の形態例1に示した事例のように、偏波面保存光ファイバ13を挟む両側の光路中に配設されていた1/4波長板11、12を不要とすることができる。なお、屈折率分布の軸が互いに直交する同種2本の偏波面保存光ファイバ13を接合する方法としては、たとえばアーク放電による融着、光学接着剤による接着あるいは接合面間に光学レンズを配設して結合する等がある。

【0051】本実施の形態例の光ディスク装置の概略構成を図18に示すが、上記した偏波面保存光ファイバ13で信号光伝送手段4を構成し、1/4波長板11、12を不要とした以外、光源部1、信号検出手段2、信号光路切り換え手段3、ディスク制御手段5の概略構成は実施の形態例1において図2、3を参照して説明した事例と同様であるので、重複する説明を省略する。

【0052】上記した実施の形態例1、2では、スピンドルモータに光磁気ディスク8を装着した事例について記したが、本発明はスピンドルモータに装着される光ディスクを光磁気ディスク8に限定するものではなく、CDに代表されるピットパターンディスクやDVDに代表される相変化ディスクでも良い。たとえば、図2に示した光ディスク装置において、光磁気ディスク8のかわりにピットパターンディスクあるいは相変化ディスクをスピンドルモータに装着した場合であっても、信号記録面から反射されて光量変化を伴う信号光を受光する光検出器2bと光検出器2cとの和信号から支障なく再生信号を得ることができる。

【0053】

【発明の効果】本発明の光ディスク装置によれば、高密度大容量なROM型およびRAM型光ディスクの何れにも対応可能な光ディスク装置の提供が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光ディスク装置の概略構成図である。

【図2】 本発明の実施の形態例1の光ディスク装置の概略構成図である。

【図3】 図2に示した光ディスク装置を構成する信号光路切り換え手段の概略構成図である。

【図4】 本発明に係るパンダ型偏波面保存光ファイバの概略断面図である。

【図5】 本発明に係る偏波面保存光ファイバの伝搬モードの分散特性図である。

【図6】 本発明に係る偏波面保存光ファイバを構成するコアの概略断面図であり、伝搬定数と波数との関係について説明するものである。

【図7】 本発明に係る1/4波長板について説明する概略光学系構成図である。

【図8】 図7において、光源から偏波面保存光ファイバに入射する光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図9】 図7において、偏波面保存光ファイバから一方の1/4波長板に向かう光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図10】 図7において、一方の1/4波長板を透過して光磁気ディスクに向かう光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図11】 図7において、光磁気ディスクで反射されて一方の1/4波長板に向かう光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図12】 図7において、光磁気ディスク側からみた一方の1/4波長板の進相軸の傾きを示す図である。

【図13】 図7において、一方の1/4波長板を透過して偏波面保存光ファイバへ向かう光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図14】 図7において、偏波面保存光ファイバを透過して他方の1/4波長板へ向かう光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図15】 図7において、他方の1/4波長板を透過した光の偏光状態を、光の進行方向から見た概略偏光状態図である。

【図16】 本発明の実施の形態例1の他の光ディスク装置の事例の概略構成図である。

【図17】 本発明の実施の形態例2に係る偏波面保存光ファイバを説明する概略説明図である。

【図18】 本発明の実施の形態例2の光ディスク装置の概略構成である。

【符号の説明】

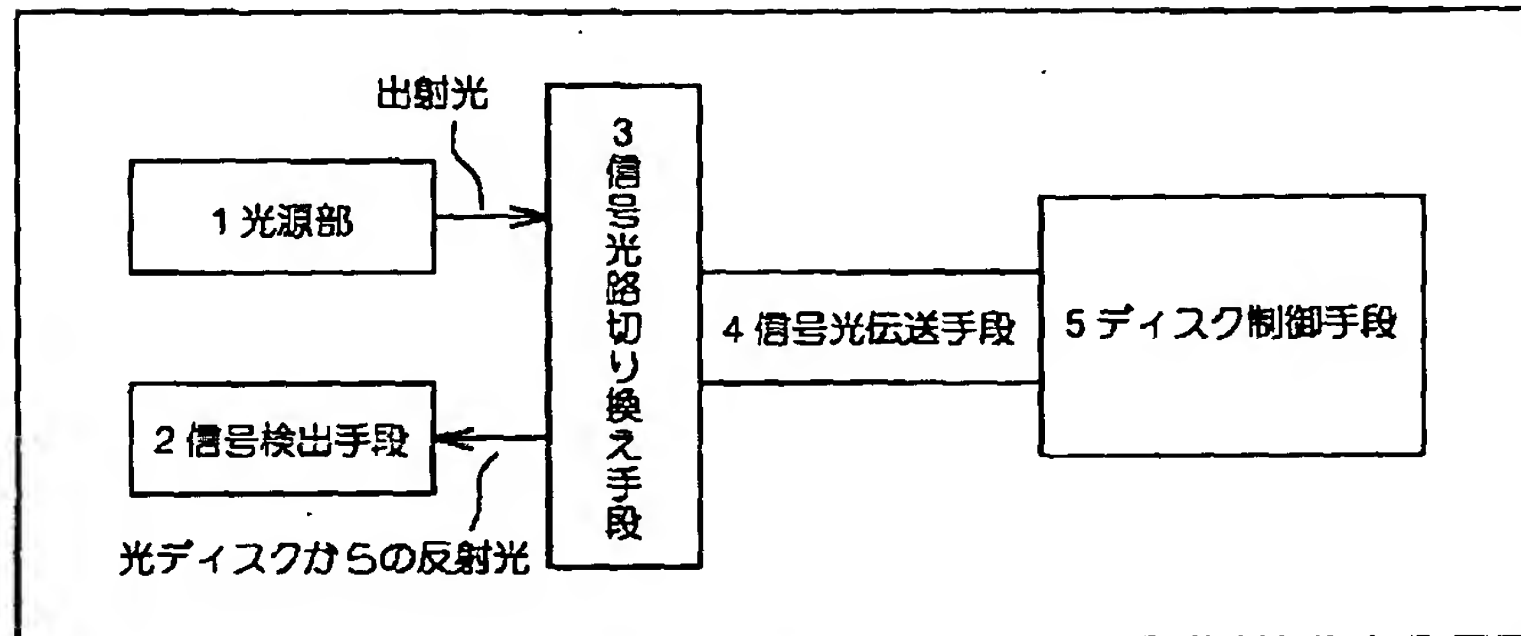
1…光源部、1a…半導体レーザ、1b…結合レンズ、2…信号検出手段、2a…偏光ビームスプリッタ、2b、2c…光検出器、3…信号光路切り換え手段、3a、3b…ミラー、4…信号光伝送手段、5…ディスク制御手段、6…ビームスプリッタ、7…対物レンズ、7a…第1の対物レンズ、7b…第2の対物レンズ、7c…第3の対物レンズ、7d…第4の対物レンズ、8…光磁気ディスク、8a…第1の光磁気ディスク、8b…第2の光磁気ディスク、8c…第3の光磁気ディスク、8d…第4の光磁気ディスク、9…スライダ、9a…第1のスライダ、9b…第2のスライダ、9c…第3のスライダ、9d…第4のスライダ、10…アーム、10a…第1のアーム、10b…第2のアーム、10c…第3の



アーム、10d…第4のアーム、11、12…1/4波長板、13…偏波面保存光ファイバ、13a…第1の偏波面保存光ファイバ、13b…第2の偏波面保存光ファイバ、13c…第3の偏波面保存光ファイバ、13d…第4の偏波面保存光ファイバ、14…回転軸

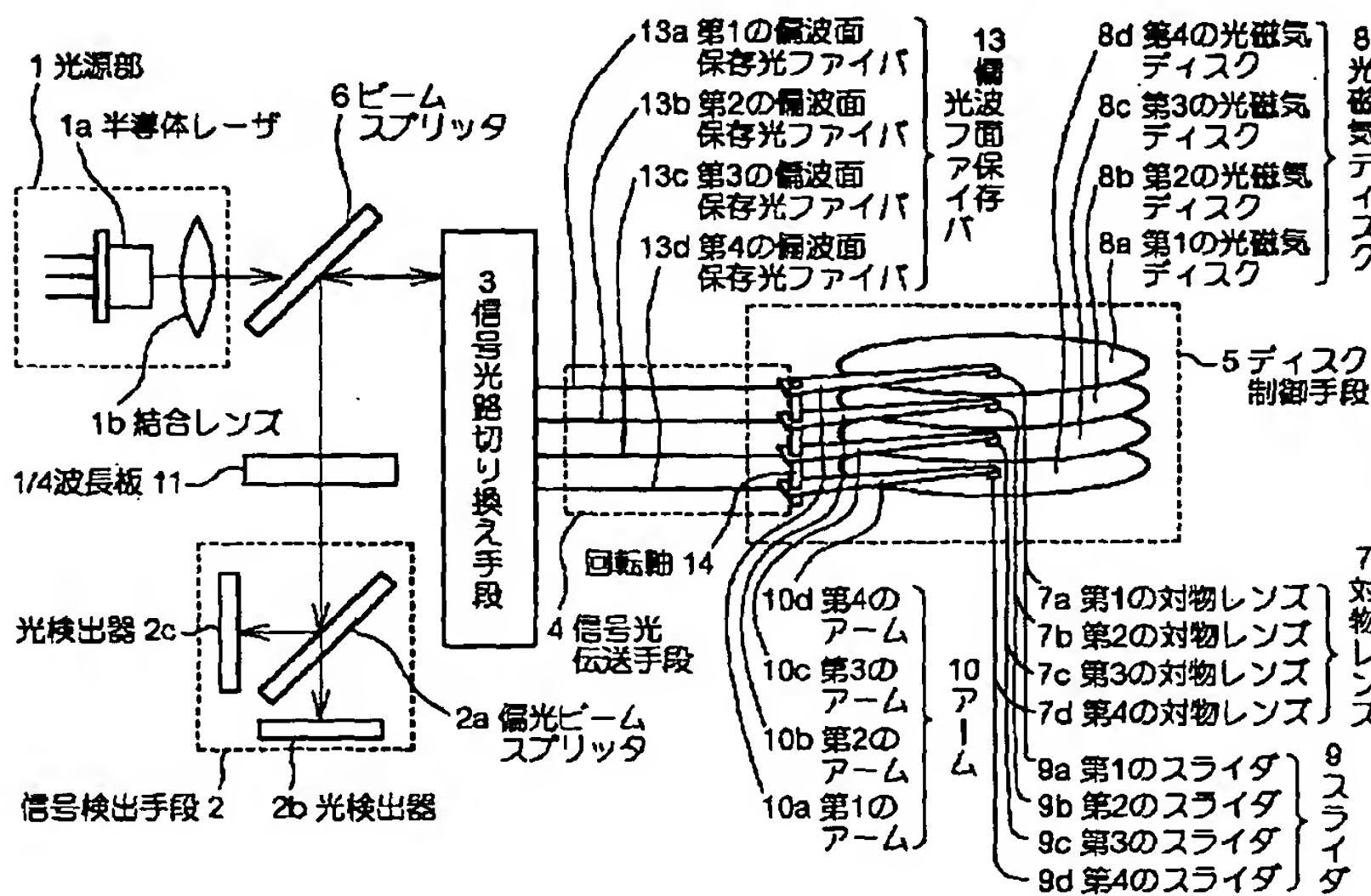
イバ、13c…第3の偏波面保存光ファイバ、13d…第4の偏波面保存光ファイバ、14…回転軸

【図1】



光ディスク装置

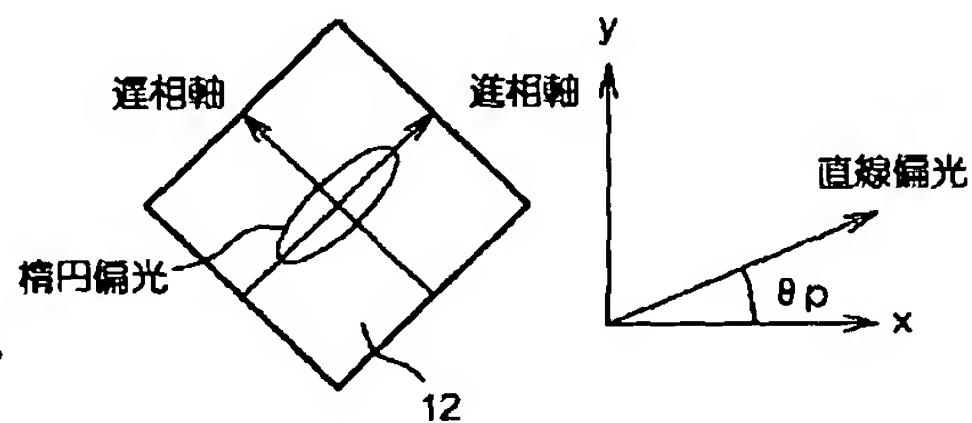
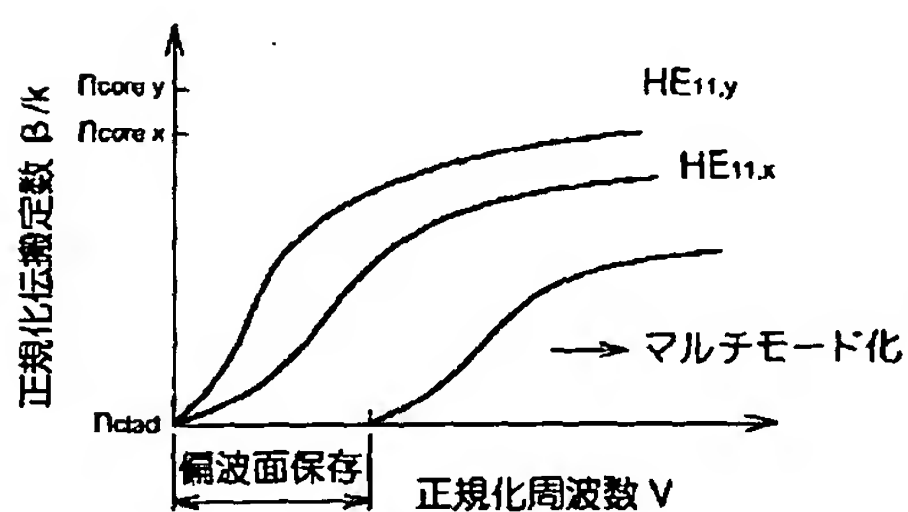
【図2】



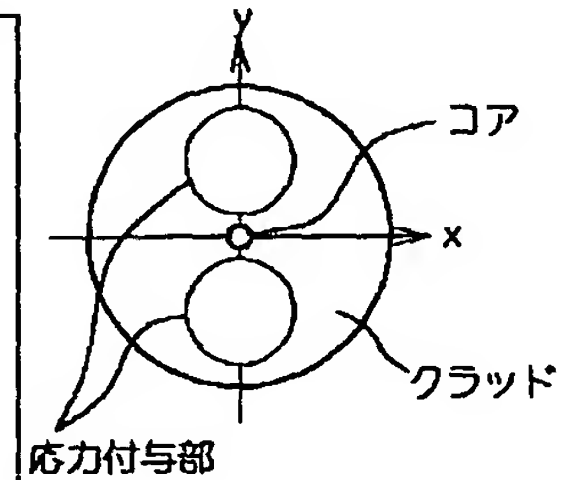
【図5】

【図9】

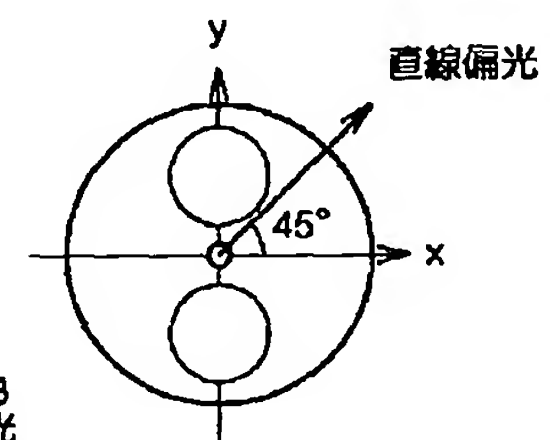
【図10】



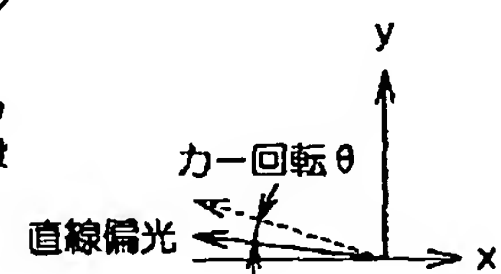
【図4】



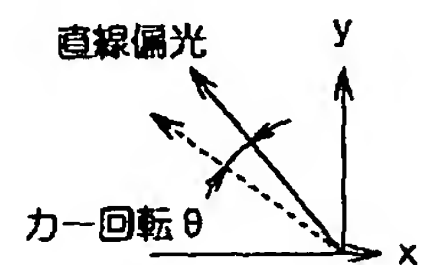
【図8】



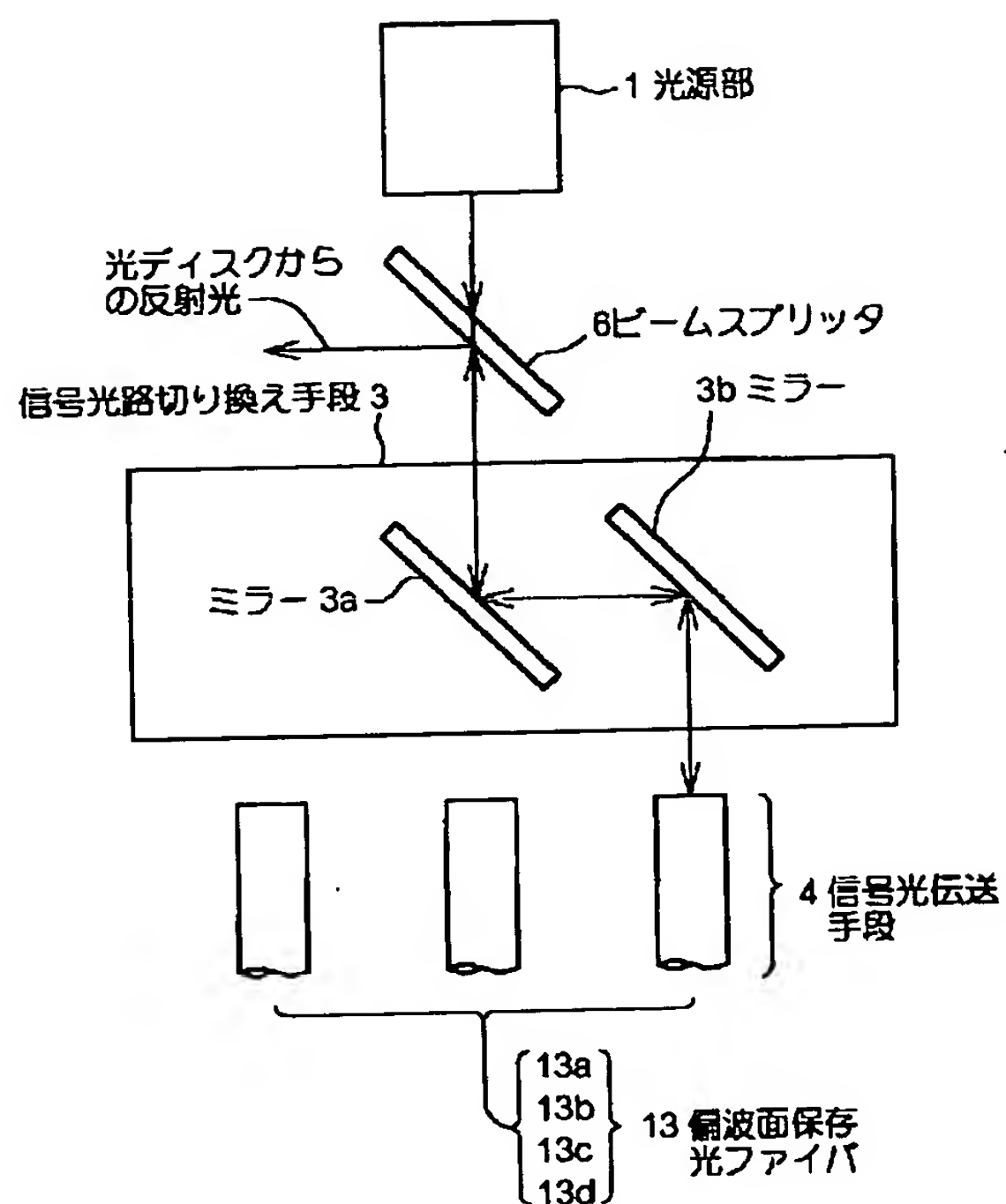
【図11】



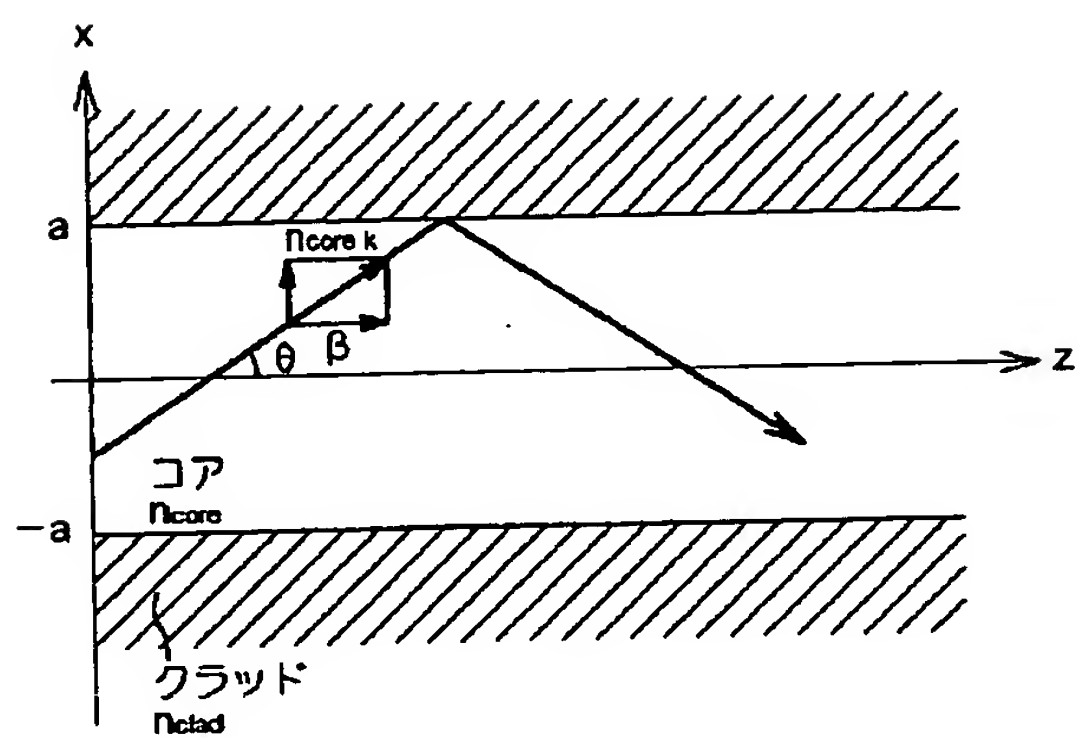
【図15】



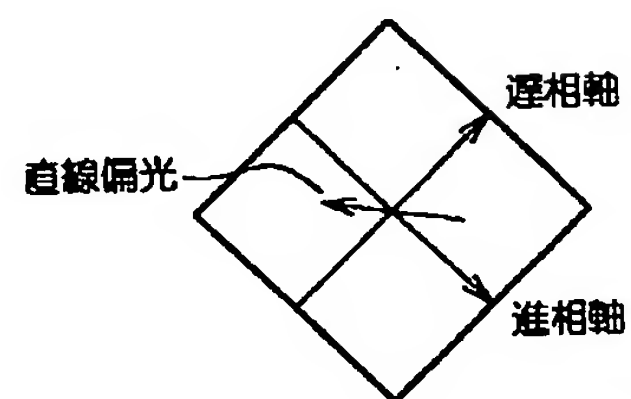
【図3】



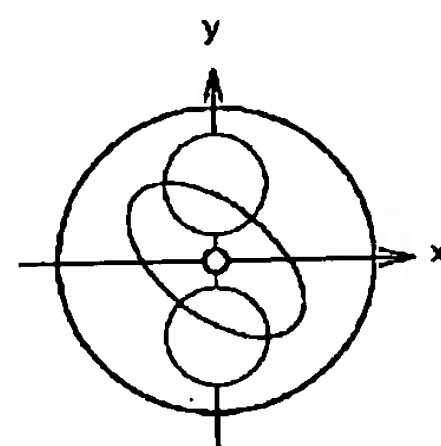
【図6】



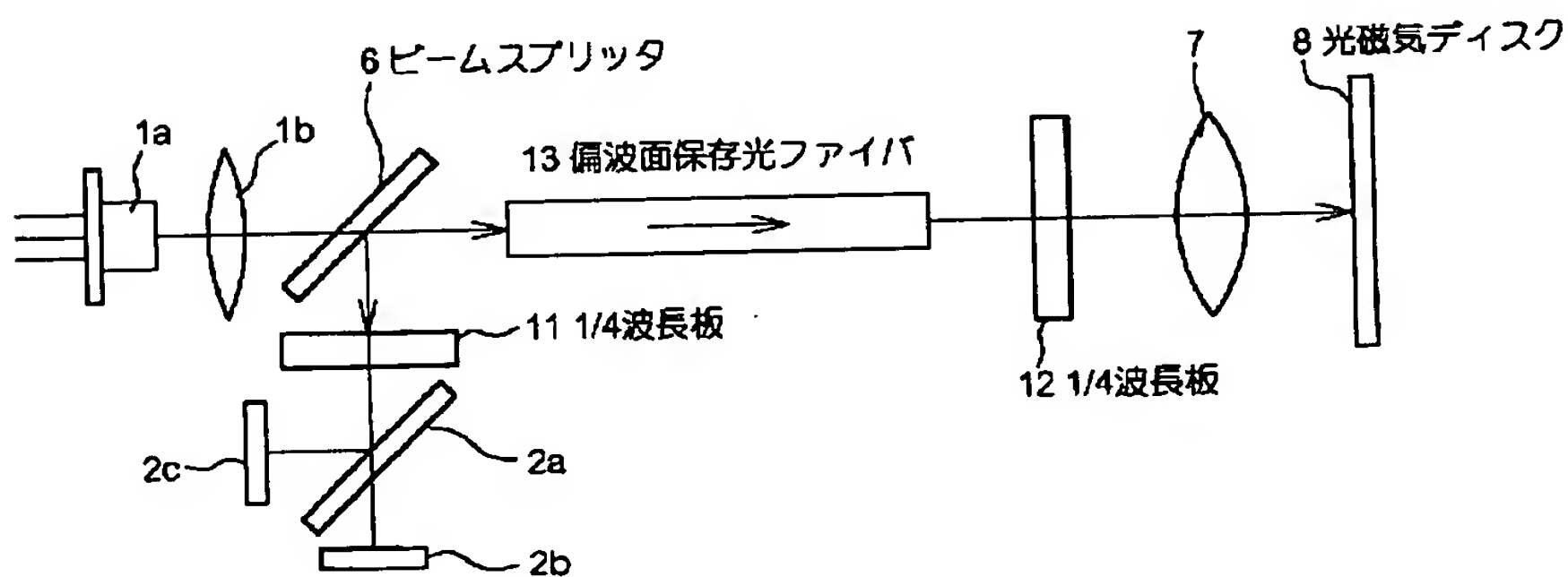
【図12】



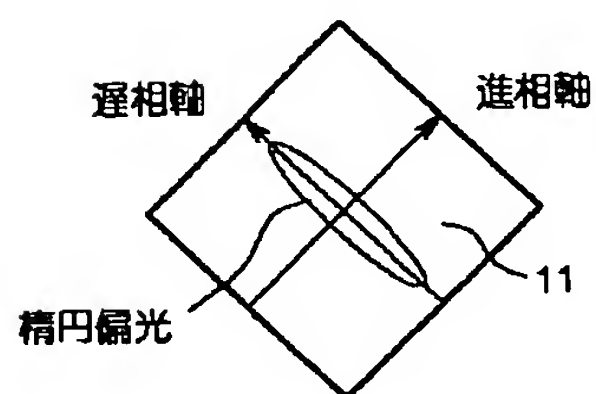
【図13】



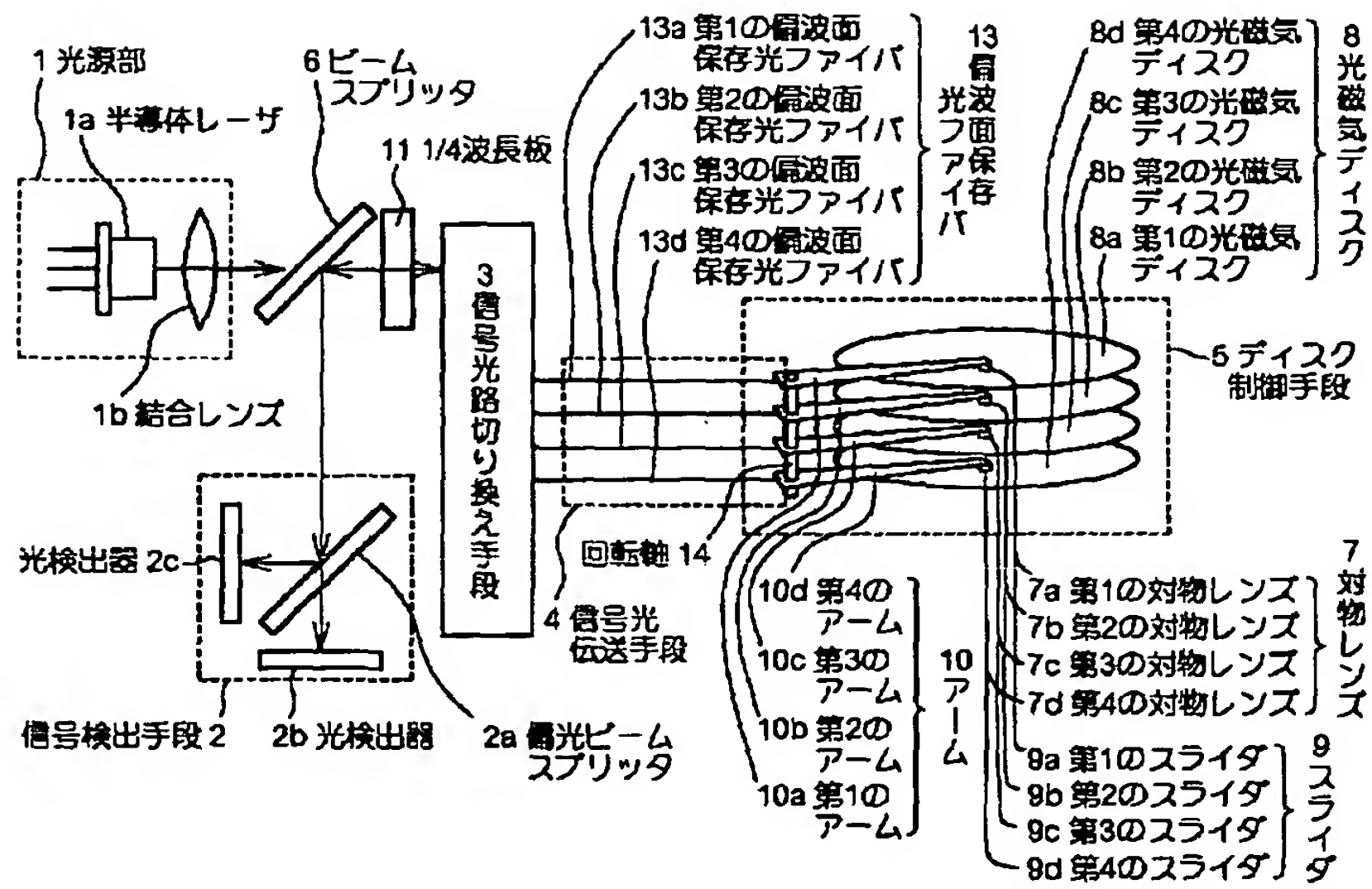
【図7】



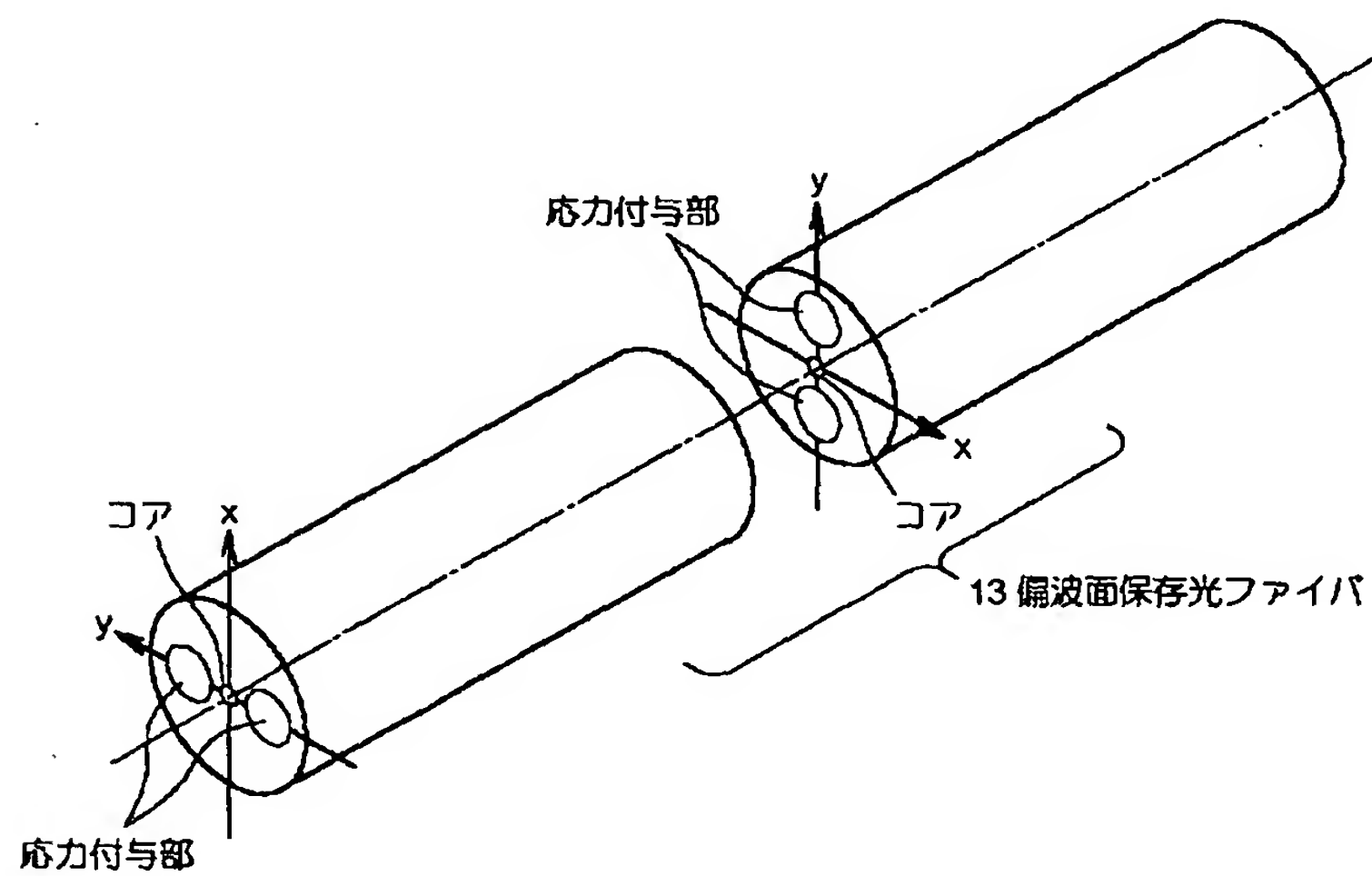
【図14】



【図16】



【図17】





【図18】

